

Treball de Fi de Màster

Titulació

**BASE DE DADES DE VEHICLES I/O ANÀLISI ESTADÍSTIC DE LA
ENERGIA NECESSÀRIA PER LA CIRCULACIÓ DEL PARC CIRCULANT
DE VEHICLES DE LA CIUTAT DE BARCELONA**

MEMÒRIA

Autor: JORDI CANAL SOY
Director: JESUS ANDRES ALVAREZ FLOREZ
Convocatòria: JUNY 2017



**Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona**



Resum

En aquest projecte es presenten un seguit d'argumentacions, càlculs i suposicions que permetran calcular la potència i l'energia necessària per la circulació del parc de vehicles a l'Àrea Metropolitana de la ciutat de Barcelona.

En primer lloc, es presenta una introducció al món dels vehicles, detallant els tipus principals, dades i característiques tècniques que poden acollir. S'exposen també, les diferents categories que poden adoptar, catalogades segons el Reglament General de Vehicles, i tot seguit es fa una breu descripció de la normativa d'emissions.

En segon lloc es realitza una base de dades de turismes, en la qual hi figuren: la marca i model, tipus de vehicle i combustible, any de homologació, normativa euro en que aquest vehicle ha estat homologat, cilindrada, dimensions, masses característiques, l'àrea frontal projectada, el coeficient de penetració aerodinàmic i la mida dels neumàtics. A continuació es farà una classificació aquestes dades en quatre grups segon un criteri de selecció: la cilindrada. D'aquesta manera es tindran quatre vehicles "ficticis" classificats per cilindrada amb totes les seves característiques (mitjana) anteriorment citades.

En tercer lloc, es considera el nou cicle de homologació: WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure) ja que mostra un perfil de velocitats més realista al del seu predecessor NEDC (New European Driving Cycle) i s'utilitzarà en un futur pròxim per la homologació de noves series de vehicles.

En quart lloc, s'utilitzarà el cicle de conducció i la base de dades classificada per calcular la resistència a l'avanç i la potència instantània de cada vehicle "fictici", dada la qual servirà per obtenir la potència i l'energia mitjana unitària per cada grup pel cicle de conducció WLTP complet i parcial (aquest últim considera les fases de velocitats mitges i baixes del cicle).

En cinquè lloc, i no menys important, es farà una recerca del nombre de turismes que hi ha a l'AMB en funció de la cilindrada (criteri d'agrupació de la base de dades).

En sisè lloc i després d'obtenir el nombre de turismes que circula a l'AMB per unitat de temps, es calcula la intensitat mitjana horària (n° mitjà de cotxes/hora) per un dia laborable, un dissabte i un diumenge, tenint en compte si es tracta d'un cicle parcial o complet.

Finalment es calcula la potència i l'energia total per un cicle complet i parcial, tenint en compte si es tracta d'un dia laborable, un dissabte o un diumenge.

Sumari

RESUM	1
SUMARI	3
1. GLOSSARI	5
2. INTRODUCCIÓ	6
2.1. Objectius del projecte	6
2.2. Abast del projecte	6
3. ELS VEHICLES	7
3.1. Tipus de vehicles	7
3.2. Dades i característiques principals dels vehicles.	9
3.2.1. Número de bastidor o VIN	9
3.2.2. Contrasenya de homologació	10
3.2.3. Característiques tècniques del vehicles.	11
3.3. Categories	15
3.4. Norma euro	16
4. Càlcul de la potència i energia en el parc de turismes de Barcelona.	18
4.1. Base de dades de turismes	19
4.2. Cicle de conducció	22
4.2.1. Cicle NEDC	22
4.2.2. Cicle WLTP	24
4.2.3. Cicle WLTP vs NEDC	26
4.3. Càlcul de resistència unitària per grups	28
4.4. Càlcul de la potència unitària per grups	34
4.5. Parc de turismes de Barcelona segons criteri	36
4.6. Dades carrer Muntaner - Consell de Cent	37
4.6.1. Dies laborables	38
4.6.2. Dissabtes	39
4.6.3. Diumenges	40
4.6.4. Comparació entre les intensitats dels dies laborables, dissabtes i diumenges.	40
4.7. Càlcul de la potència i energia totals d'un cicle complet	41
4.8. Resultats	46

CONCLUSIONS	48
AGRAÏMENTS	49
BIBLIOGRAFIA	50
Referències bibliogràfiques	50

1. Glossari

ACEA	Associació europea de fabricants d'automòbils
AMB	Àrea metropolitana de Barcelona
CE	Comunitat Europea
DEE	Distància entre eixos
ITV	Inspecció Tècnica de Vehicles
MMA	Massa màxima autoritzada
MMAC	Massa màxima autoritzada del conjunt
MMR	Massa màxima remolcable
MMTA	Massa màxima tècnicament admissible
MMTAC	Massa màxima tècnicament admissible del conjunt
MOM	Massa en orde de marxa
NEDC	Nou cicle de conducció Europeu
PMR	Persona de mobilitat reduïda
TITV	Tarjeta d'Inspecció Tècnica de vehicles
UE	Unió Europea
VIN	Número de identificació del vehicle
WLTP	Procediments de proves de vehicles lleugers coordinats a nivell mundial

2. Introducció

2.1. Objectius del projecte

Primerament, es pretén conèixer les dimensions, característiques identificaves i tècniques més rellevants d'un vehicle, per tal de fer una introducció a les dades que es requeriran per realitzar els càlculs de potència i energia.

En segon lloc i coneixent ja les característiques mes rellevants, en pretén realitzar una base de dades de vehicles i més concretament de turismes, en base algunes de les característiques ja conegudes.

Finalment i tenint en compte les dades anteriors, l'objectiu principal és d'obtenir la potència i l'energia total necessària per la circulació de turismes a l'AMB en funció dels dies de la setmana, així com analitzar si les dades obtingudes son qüernes i es poden donar per correctes.

2.2. Abast del projecte

Aquest projecte es limita a conèixer les característiques mes rellevants i significatives així com la obtenció de les potències i energies, per turismes a l'AMB. La resta de regions i categories de vehicles queden fora de l'abast del present projecte.

Tampoc queda dins de l'abast del projecte, tractar les dades obtingudes per realitzar càlculs de viabilitat suposant que tots els vehicles a l'AMB fossin elèctrics (o altres càlculs similars).

3. Els vehicles

En primer lloc, és important establir una base introductòria de tota l'àmbit automobilístic i, més concretament, en el que respecta als vehicles i les seves característiques. Sense abans entendre els conceptes exposats en aquest apartat, no es viable iniciar el procés de càlcul de la potència i energia en el parc de vehicles de la ciutat de Barcelona.

3.1. Tipus de vehicles

Partint de la base que un vehicle es tot aparell destinat al transport de persones o coses d'un lloc a un altre i apte per circular per vies i terrenys, les definicions prossegueixen de la següent forma, de menys a més específiques [1]:

- Vehicle a motor: vehicle previst de motor per la seva propulsió, exclosos els ciclomotors, els tramvies i els vehicles per persones de mobilitat reduïda (PMR).
- Automòbil: vehicle a motor que serveix, normalment, pel transport de persones i/o coses o per la tracció d'altres vehicles per aquest fi.
- Turisme: automòbil destinat al transport de persones que tingui, com a mínim, quatre rodes i nou places com a màxim, incloent el conductor. Veure Figura 3.1 per més detalls.



Figura 3.1. turisme

- Camió: automòbil amb quatre rodes o més, construït pel transport de mercaderies, on la cabina no està integrada en la resta de la carrosseria i amb un màxim de nou places, inclòs el conductor. Veure Figura 3.2 per més detalls.



Figura 3.2. Camió

- Furgoneta: automòbil de quatre rodes o més, construït per el transport de mercaderies, on la cabina està integrada en la resta de la carrosseria i amb un màxim de nou places, incloïda el conductor.
- Tracto-camió: automòbil construït per realitzar, principalment, l'arrastra d'un semiremolc. Veure Figura 3.3 per més detalls.



Figura 3.3. Tracto-camió

- Vehicle articulat: automòbil constituït per un vehicle de motor acoblat a un semiremolc. Veure Figura 3.4 per més detalls.



Figura 3.4. Vehicle articulat (semiremolc acopat amb un tracto-camió).

3.2. Dades i característiques principals dels vehicles.

Abans d'entrar en el propi procés de càlcul, és important repassar els conceptes bàsics de identificació i característiques tècniques que defineixen cada un dels vehicles.

Els punts que segueixen a continuació són essencials, i una part vital de tot l'àmbit de l'automoció, ja que la seva finalitat és distingir un vehicle d'un altre, i definir-lo completament. És evident que tothom coneix que existeixen diferents marques i models de vehicles, però aquest es només un petit gra de sorra comparat amb tot el conjunt de dades informatives que es poden incloure.

3.2.1. Número de bastidor o VIN

Primerament, en el moment que la companyia d'una marca de vehicles dissenya i fabrica una nova línia de models, el primer pas és homologar el tipus de vehicle en qüestió, en la qual l'homologació és aplicable i vàlida per a totes les unitats del mateix tipus. Aquest procés acull el nom d'homologació de tipus.

Un tipus de vehicle, segons la Directiva Marc 2007/46/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 5 de setembre de 2007 [2], es defineix com un conjunt de vehicles d'una categoria determinada idèntics almenys en determinats aspectes bàsics i que pot contenir variants i versions.

Dins de cada homologació de tipus, els vehicles es diferencien segons una variant, una versió i una denominació comercial (o model). En altres paraules, cada unitat de vehicle té les següents dades principals: marca, tipus, variant, versió i denominació comercial.

A part d'aquests cinc dades principals, hi ha altres que també són presents en cada homologació de tipus, les quals són el número d'identificació (VIN), la categoria i el nombre d'homologació d'un vehicle.

El VIN, o també conegut com a número de bastidor, no és més que un conjunt de 17 dígits, compost en dues parts diferenciades. La primera fracció de dígits es denomina part fixa del VIN, i aquesta es repeteix en certes unitats de vehicles d'una mateixa homologació de tipus, ja que cada número o caràcter d'aquesta part fixa té un significat en concret; la segona secció de dígits, en canvi, és única per a cada unitat de vehicle i no es repeteix mai la mateixa combinació. A continuació, a la Figura 3.5 es mostra un exemple de l'estructura d'un número de bastidor:

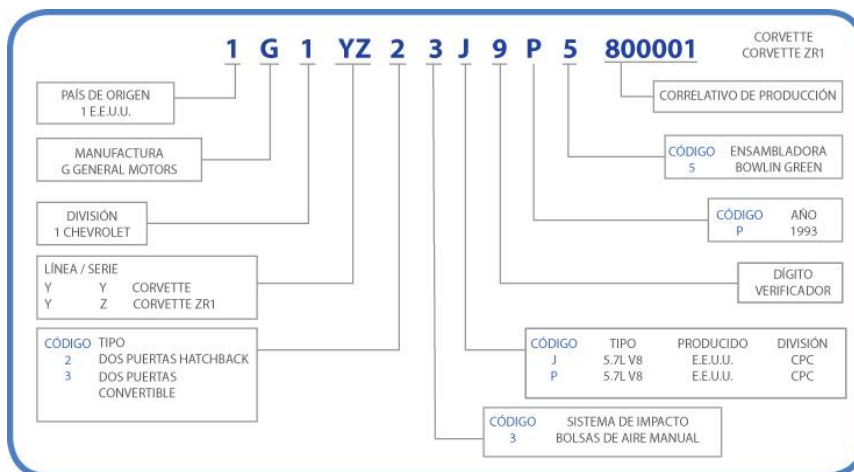


Figura 3.5. Estructura d'un VIN

D'altra banda, les diferents categories dels vehicles es defineixen més detalladament en l'apartat 3.3 d'aquesta memòria, ja que existeix una gran varietat d'elles i tenen relativa importància en el projecte.

3.2.2. Contrasenya de homologació

El nombre o la contrasenya d'homologació és un conjunt de caràcters que s'assigna a cada tipus de vehicle homologat, concedit per l'autoritat d'homologació. Segons el tipus o procés d'homologació del vehicle, el format d'aquest número, canvia:

En una homologació individual, el nombre està compost pels caràcters HI, seguida d'una lletra identificativa de la categoria del vehicle i d'un mínim de quatre xifres que indica el nombre d'aprovació individual. En el suposat cas de l'homologació individual d'un camió, un exemple de la contrasenya seria el següent: HIC-2046.

D'altra banda, en les homologacions de tipus CE (Comunitat Europea), el format de la contrasenya és una mica diferent: comença amb la lletra minúscula "e" i un nombre que

identifica a l'Estat membre que estén l'homologació; el caràcter "*" i la directiva d'homologació vigent en cada cas; el caràcter "*" acompanyat d'un nombre de quatre xifres que indica el nombre d'homologació; i acabant amb el caràcter "*" i un nombre de dues xifres que indica el nombre d'extensió. Un exemple d'això seria: e9 * 2007/46 * 0117 * 06.

3.2.3. Característiques tècniques del vehicles.

Un cop revisades les dades generals dels vehicles, és important entrar en detall en les característiques tècniques principals d'aquests, ja que, igual que en l'apartat anterior, tenen un paper fonamental per poder prosseguir de forma entenedora en els càlculs.

Principalment, aquestes característiques estan dividides en dos grups: les relatives a les dimensions i les relatives a les masses d'un vehicle. És per això que es distribueix l'explicació en dues parts segons el criteri anterior.

Característiques relatives a les dimensions

A continuació s'analitzen les dimensions principals d'un turisme en el seu pla vertical. Per fer més entenedora la comprensió, s'adjunta la Figura 3.6.

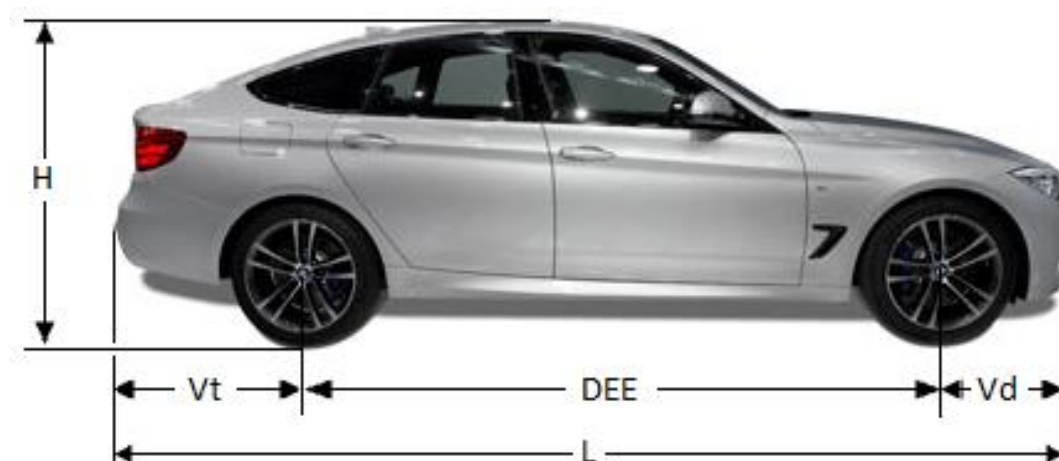


Figura 3.6. Esquema lateral d'un turisme i les seves principals dimensions

Les dimensions de la Figura 3.6, son expressades en mm:

- **Longitud total (L):** distància horitzontal entre el punt més extern de la part davantera del vehicle i del punt més extern de la part posterior.
- **Altura total (H):** distància vertical entre el punt més extern de la part superior del vehicle i el punt de contacte amb el terra amb els neumàtics.

- **Distància entre eixos (DEE):** distància entre els plans verticals que passen pel centre de les rodes dels dos eixos consecutius.
- **Voladís davanter (Vd):** Distància horitzontal entre el punt més extern de la part davantera del vehicle i el pla vertical que passa pel centre de les rodes del primer eix. En el cas d'un semiremolc, el voladís davanter es mesura fins el punt d'acoblament.
- **Voladís posterior (Vt):** distància horitzontal entre el punt més extern de la part posterior del vehicle i el pla vertical que passa pel centre de les rodes de l'últim eix.

A la Figura 3.7 s'examinaran les dimensions principals d'un turisme en el seu pla horitzontal.

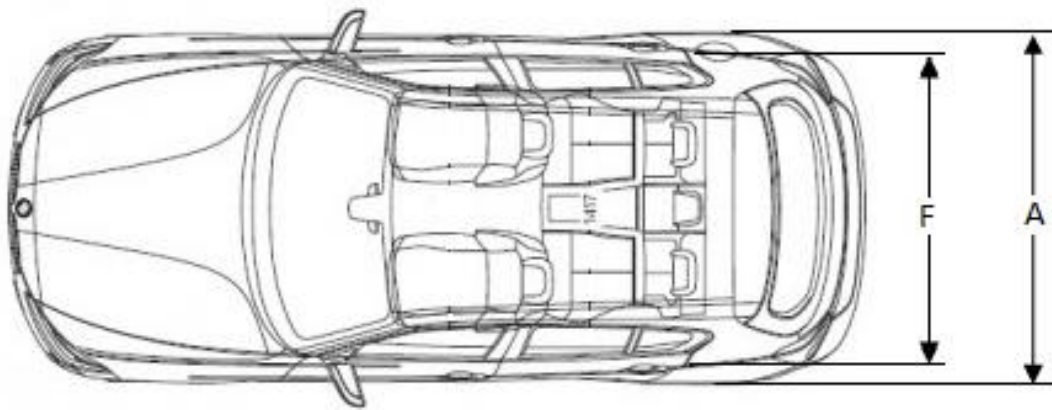


Figura 3.7. Esquema vertical d'un turisme i de les seves principals dimensions.

- **Amplada total (A):** distància horitzontal entre els punts més externs dels laterals del vehicle. Els retrovisors no es consideren en la mesura d'aquesta cota.
- **Via dels eixos (F):** distància entre els plans verticals que passen pel centre dels punt mig de l'amplada dels neumàtics. En el cas d'un eix amb rodes bessones, la via es mesura entre els punts mitjos dels dos neumàtics.

Característiques relatives a les masses

En segon lloc s'estudien els aspectes més determinants relacionats en les masses d'un turisme [3]. S'adjunta la Figura 3.8 per tal de facilitar la comprensió d'aquestes característiques.

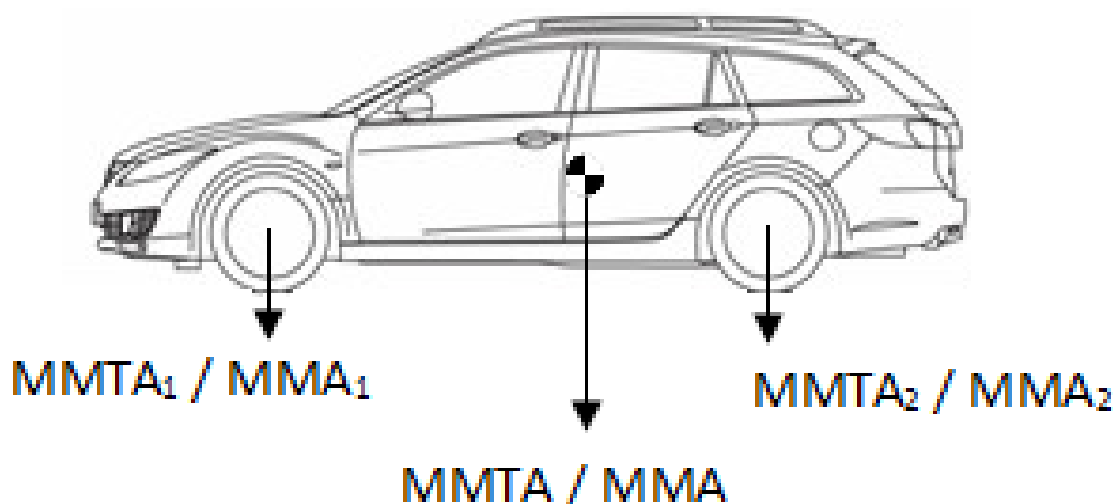


Figura 3.8. Esquema lateral d'un vehicle amb les masses màximes admissibles que pot suportar.

La interpretació de les masses representades a la figura anterior son les que segueixen (en kg):

- **MMTA**: massa màxima en càrrega tècnicament admissible, és a dir, la massa màxima assignada a un vehicle sobre la base de les seves característiques constructives i les seves prestacions nominals. En el cas d'un remolc o semiremolc, la MMTA inclou la massa estàtica transferida al vehicle tractor quan està enganxat.
- **MMA**: massa màxima en càrrega admissible per a la utilització d'un vehicle en circulació per les vies públiques. Per tant, la MMA no pot ser superior a la MMTA d'un vehicle.
- **MMTA_{1/2}**: massa màxima en càrrega tècnicament admissible d'un eix, és a dir, la massa corresponent a la càrrega vertical estàtica màxima admissible transmesa a terra per les rodes de l'eix, segons les característiques constructives de l'eix i del vehicle i les prestacions nominals de tots dos.
- **MMA_{1/2}**: massa màxima en càrrega admissible d'un eix del vehicle per a la circulació per les vies públiques. També en aquest cas, la MMA d'un eix no pot ser superior a la MMTA d'aquest.

Apart de les masses representades a la Figura 3.8 n'hi ha d'altres que convé tenir-les en compte i que es detallen a continuació (en kg):

- **MMTAC:** massa màxima en càrrega tècnicament admissible del conjunt, és a dir, la massa màxima assignada al conjunt format per un vehicle de motor i un o més remolcs segons les seves característiques constructives i les seves prestacions nominals.
- **MMAC:** massa màxima en càrrega admissible del conjunt per a la utilització en circulació per les vies públiques. En aquesta ocasió, la MMAC tampoc pot superar el valor de la MMTAC.
- **MMR:** massa màxima remolcable tècnicament admissible d'un vehicle de motor.
- **Càrrega vertical estàtica:** també coneguda com massa màxima en càrrega tècnicament admissible en el punt d'acoblament d'un vehicle motor.

Finalment, deixant de banda les diferents masses màximes admissibles d'un vehicle, convé puntualitzar unes definicions sobre el pes real d'un vehicle que són fonamentals [1]:

- **Tara:** massa d'un vehicle, amb el seu equip fix autoritzat, sense passatgers ni càrrega, i amb la seva dotació completa d'aigua, combustible, lubricant, recanvis, eines i accessoris necessaris.
- **MOM** o massa en ordre de marxa: es considera com MOM el resultat de sumar a la tara la massa estàndard del conductor de 75 kg i per als autobusos i autocars, la massa de l'acompanyant de 75 kg si el porta.
- **Massa en càrrega:** massa efectiva del vehicle i de la seva càrrega, inclosa la massa del personal de servei i dels passatgers.
- **Massa útil:** la diferència entre la MMTA i la MOM més la massa dels passatgers i la massa de l'equipament opcional.

3.3. Categories

Els vehicles es classifiquen en diferents categories, segons el Manual d'Inspecció Tècnica de Vehicles [3], d'acord la seva constitució, massa màxima autoritzada i/o nombre de places, entre d'altres. Es mostren les categories dels vehicles que són d'incumbència en aquest estudi, quedant la resta representades a l'annexa A.

- **Categoria M:** vehicles de motor concebuts i fabricats principalment per al transport de persones i el seu equipatge.
 - Categoria M1: vehicles de la categoria M que tinguin, com a màxim, vuit places de seient a més de la del conductor. No disposar de cap espai per a viatgers de peu. El nombre de places es pot limitar a un.
 - Categoria M2: vehicles de la categoria M que tinguin més de vuit places de seient a més de la del conductor i la massa màxima no sigui superior a 5 tones. Aquests vehicles podran disposar d'espai per a viatgers de peu.
 - Categoria M3: vehicles de la categoria M que tinguin més de vuit places de seient a més de la del conductor i la massa màxima sigui superior a 5 tones. Aquests vehicles podran disposar d'espai per a viatgers de peu.

A la Figura 3.9 es poden observar alguns exemples de vehicles de categoria M:



Figura 3.9. Vehicles de la categoria M

3.4. Norma euro

La norma europea sobre emissions contaminants és un conjunt de requisits que regulen els límits acceptables de les emissions de gasos de combustió interna dels vehicles nous venuts en els Estats Membres de la Unió Europea. Les normes d'emissió es defineixen en una sèrie de directives de la Unió Europea que són cada vegada més restrictives.

Actualment, les emissions d'òxids de nitrogen (NO_x), Hidrocarburs (HC), Monòxid de carboni (CO) i partícules (PM) estan regulades per a la majoria dels tipus de vehicles, incloent automòbils, camions, trens, tractors i màquines similars, però exclouent els vaixells de navegació marítima i els avions. Per a cada tipus de vehicle s'apliquen normes diferents. El compliment es determina controlant el funcionament del motor en un cicle d'assajos normalitzat. Els vehicles nous no aptes amb la normativa d'emissions tenen prohibida la seva venda en la Unió Europea, però les normes noves no són aplicables als vehicles que ja estan en circulació. És per aquest motiu que tot i que un vehicle antic no compleix la normativa d'emissions actual, pot circular per la via pública [5]. Tot i això l'AMB estudia restringir, a partir del 2019, la circulació de vehicles de més de 20 anys d'antiguitat a la ciutat de Barcelona.

La Figura 3.10 es mostren els límits permesos d'emissions per motors a gasolina i dièsel:

Límites de emisiones para turismos, g km^{-1}						
Tipo	Año	CO	HC+NO _x	HC	NO _x	PM
<i>Vehículos con motor de Gasolina:</i>						
Euro I	1992	2,72	0,97	---	---	---
Euro II	1996	2,20	0,50	---	---	---
Euro III	2000	2,30	---	0,20	0,15	---
Euro IV	2005	1,00	---	0,10	0,08	---
Euro V	2009	1,00	---	0,10	0,06	0,005
Euro VI	2014	1,00	---	0,10	0,06	0,005
<i>Vehículos con motor Diésel:</i>						
Euro I	1992	2,72	0,97	---	---	0,140
Euro II	1996	1,00	0,70	---	---	0,080
Euro III	2000	0,64	0,56	---	0,50	0,050
Euro IV	2005	0,50	0,30	---	0,25	0,025
Euro V	2009	0,50	0,23	---	0,18	0,005
Euro VI	2014	0,50	0,17	---	0,08	0,005

Figura 3.10. Límits d'emissions per turismes

Tal i com podem observar a la Figura 3.10, els límits d'emissions dels CO han baixat un 272% entre la normativa euro I i la euro VI, per vehicles de gasolina i 544% respecte les els vehicles dièlsels. D'una forma no tan accentuada, però també s'ha reduït els límits dels hidrocarburs (HC), dels òxids de nitrogen (NO_x) i de les partícules en suspensió (PM). Aleshores podem concloure que cada vegada les normatives d'emissions son més exigents en tots els sectors.

4. Càlcul de la potència i energia en el parc de turismes de Barcelona.

En aquest apartat es mostraran tots els passos amb els pertinents càlculs i explicacions per tal d'estimar, de la forma més exacte possible, la potència i l'energia necessàries per satisfer el parc de turismes de l'AMB.

Abans d'entrar en detall en càlculs, s'ha de tenir en compte que s'han realitzar varies consideracions, que ja es farà menció quan pertoqui al llarg d'aquest punt, per tal de simplificar el càlcul global.

Donat que considerar tots el vehicles que circulen en cada instant a l'AMB, és molt difícil de quantificar, es descarten tots els camions, furgonetes, motos, o qualsevol altre vehicle no turisme. Es a dir, de tots els vehicles, es consideren únicament els turismes, que tal i com es veu a la , representa pràcticament el 70% del total de vehicles. Per tan tot i no considerar-los tots, s'està englobant a la majoria de vehicles. Dades de l'any 2016.

	Nº de vehicles	%
Camions i furgonetes	112.688	13,6%
Autobusos	1.389	0,2%
Turismes	556.085	66,9%
Motocicletes	136.635	16,4%
Tractores industrials	3.480	0,4%
R i S	11.732	1,4%
Altres vehicles	9.542	1,1%
Total	831.550	100%

Taula 4.1. Número de vehicles àrea metropolitana de Barcelona

Així doncs, sabent que ens focalitzarem amb els turismes, es pretén partir d'una base de dades de turismes amb algunes de les característiques tècniques i dimensions més rellevants de cada model.

4.1. Base de dades de turismes

Com veurem en apartats següents, la potència per moure un vehicle per cada instant de temps, es calcula a partir de la força. Aquest valor de força es la suma de diverses components i cada una d'aquestes, es calcula en funció d'un cicle de conducció, que també s'explicarà en apartats següents, i de les dimensions del vehicles i altres paràmetres tècnics.

D'aquesta manera es realitza una base de dades per diferents models de turismes, en funció de diferents paràmetres identificatius i constructius: marca, model, tipus de vehicle (combustió, elèctric o híbrid), tipus de combustible (gasolina, gasoil, gas natural, elèctric o híbrid), any d'homologació, norma euro, cilindrada, longitud, amplada, alçada, distància entre eixos, àrea frontal projectada, tara del vehicle, coeficient de penetració aerodinàmic i mida dels neumàtics [6]. Es podrien haver ampliat la base de dades, afegit alguna característica tècnica com ara el parell del vehicle o la pròpia potència del motor, però al no necessitar-les pel càlcul i ja ser bastant complerta la base de dades, no s'han considerat. Tanmateix, totes les paràmetres s'han seleccionat per tal de caracteritzar de forma completa i precisa el vehicle tenint en compte el següents grups: dimensions, motor, neumàtics, fabricant del vehicle i tipus de combustible.

Tot hi haver dades que no s'utilitzaran explícitament en el càlcul, s'ha cregut que poden servir per complementar les argumentacions dels resultats, per aprofitar-se per ampliar el projecte amb nous càlculs o simplement per disposar d'informació extra dels turismes que s'està tractant.

S'ha procurat seleccionar diferents marques de cotxes, incloent alguns dels models més freqüents i utilitats pels usuaris, vehicles de diferent tipus de combustible i amb anys de homologació variats no inferiors al 1995, ja que ni ha cada vegada menys i arran de les noves i exigents normatives d'emissions cada cop serà més difícil de circular per dins l'àrea metropolitana de Barcelona.

Així doncs, la Taula 4.2 mostra alguns dels turismes que s'han escollit per realitzar la base de dades.

MARCA	MODEL	TIPUS DE VEHICLE	TIPUS DE COMBUSTIBLE	ANY HOMOLOGACIÓ	NORMA EURO	CIUDRADA [cm ³]	LONGITUD [mm]	AMPLADA [mm]	ALÇADA [mm]	DEE [mm]	ÀREA FRONTAL PROJECTADA [m ²]	TARA VEHICLE [kg]	Cx	PENUMÀTICS
seat	ibiza 6i 1.2 60cv	combustió	gasolina	2012	euro 5	1.200	4061	1693	1445	2469	2,08	1.049	0,32	175/70 R14
seat	ibiza 6i 1.2 70cv	combustió	gasolina	2012	euro 5	1.200	4061	1693	1445	2469	2,08	1.049	0,32	175/70 R14
seat	ibiza 6i 1.4 85cv	combustió	gasolina	2012	euro 5	1.400	4061	1693	1445	2469	2,08	1.075	0,33	175/70 R14
seat	ibiza 6i FR 1.4 TSI 150cv	combustió	gasolina	2012	euro 5	1.400	4082	1693	1441	2469	2,07	1.179	0,32	215/40 R17
audi	A3 8P 1.4 TFSI 125cv	combustió	gasolina	2007	euro 4	1.400	4214	1765	1421	2578	2,13	1.260	0,33	205/55 R16
ford	focus II sedan 1.4 16v (100cv)	combustió	gasolina	2005	euro 4	1.400	4488	1840	1497	2640	2,34	1.198	0,31	195/65 R15
mercedes	classe A A180d	combustió	diesel	2015	euro 6	1.450	4299	1780	1433	2699	2,17	1.200	0,28	195/65 R15
mercedes	classe A A160d	combustió	diesel	2015	euro 6	1.450	4299	1780	1433	2699	2,17	1.320	0,28	195/65 R15
mercedes	classe A180 CDI	combustió	diesel	2013	euro 5	1.450	4292	1780	1433	2699	2,17	1.395	0,26	195/65 R15
mercedes	classe B 160CDI	combustió	diesel	2014	euro 5	1.450	4393	1786	1557	2699	2,36	1.420	0,27	195/65 R15
toyota	prius II	híbrid	híbrid / gasolina	2004	euro 3	1.500	4450	1725	1490	2700	2,18	1.375	0,26	195/55 R16
seat	ibiza 6i 1.6 TDI 90cv	combustió	gasoil	2012	euro 5	1.600	4061	1693	1445	2469	2,08	1.095	0,33	175/70 R14
audi	A3 8L 1.6i 102cv	combustió	gasolina	2000	euro 3	1.600	4152	1735	1427	2413	2,10	1.090	0,32	195/65 R15
ford	focus II sedan 1.6 TDCi (109cv)	combustió	diesel	2005	euro 4	1.600	4488	1840	1497	2640	2,34	1.310	0,31	195/65 R15
ford	focus II Hatchback 1.6 TDCi (90cv)	combustió	diesel	2005	euro 4	1.600	4342	1840	1497	2640	2,34	1.290	0,32	195/65 R15
mercedes	classe A A180	combustió	gasolina	2015	euro 6	1.600	4299	1780	1433	2699	2,17	1.295	0,27	195/65 R15
mercedes	classe A A160	combustió	gasolina	2015	euro 6	1.600	4299	1780	1433	2699	2,17	1.295	0,28	195/65 R15
mercedes	classe A180	combustió	gasolina	2013	euro 5	1.600	4292	1780	1433	2699	2,17	1.360	0,26	195/65 R15
mercedes	classe B 180	combustió	gasolina	2014	euro 5	1.600	4393	1786	1557	2699	2,36	1.395	0,26	205/55 R16
kia	sportage 3 1.6 Gdi	combustió	gasolina	2010	euro 4	1.600	4440	1855	1635	2640	2,58	1.360	0,37	225/60 R17
kia	sportage 3 1.6 CRD 1.7	combustió	diesel	2010	euro 4	1.600	4440	1855	1635	2640	2,58	1.470	0,37	225/60 R17
peugeot	308 1.1 6V i	combustió	gasolina	2009	euro 4	1.600	4276	1815	1498	2608	2,31	1.352	0,3	195/65 R15

Taula 4.2. Part de la base de dades de turismes

Donat que es pràcticament impossible de conèixer el nombre de turismes que hi ha de cada un dels models de la base de dades en el parc turismes de l'AMB, no seria una bona opció calcular la potència de cada vehicle de la base de dades de la , ja que tindríem la potència de cada vehicle però al no saber el número total de turismes de cada model, no podríem saber la potència total. Per solucionar aquest problema, s'opta per classificar els vehicles segons un criteri de selecció que sí es conegui el nombre de vehicles. D'aquesta manera tindrem diferents grups que es podran calcular les potències i es coneixen el nombre de vehicles totals de cada grup en la nostre àrea.

Hi ha pocs criteris de selecció que es subdivideixen i es conegui el nombre de vehicles que hi ha de cada grup. A més a més aquest criteri a d'agrupar els vehicles de la base de dades de forma mes o menys proporcional, es a dir no podem fer 4 grups de 3 cotxe el 1r grup, 5 cotxes el 2n grup, 2 cotxes el 3r grup i 90 cotxes el 4rt grup, ja que la mitjana de pocs cotxes tindrà un error més elevat que si considerem múltiples vehicles. També s'ha de tenir en compte que el criteri de selecció agrupi els vehicles de forma que les prestacions, dimensions i gama del vehicle siguin similars pels turismes del mateix grup.

Així dons, el criteri que compleixi amb els requisits anteriors és la cilindrada. Aleshores es classifiquen els vehicles segons quatre grups:

- Grup 1: pertanyent els vehicles de cilindrada $\leq 1.199 \text{ cm}^3$
- Grup 2: pertanyent els vehicles de cilindrada $1.200 - 1.599 \text{ cm}^3$
- Grup 3: pertanyent els vehicles de cilindrada $1.600 - 1999 \text{ cm}^3$
- Grup 4: pertanyent els vehicles de cilindrada $\geq 2000 \text{ cm}^3$

Es pot consultar la taula completa classificada segons criteri: cilindrada, en l'annexa B.

Un cop classificats els vehicles segons el criteri esmentat, es fa una mitjana de cada grup de: la cilindrada, longitud, amplada, alçada, distància entre eixos, àrea frontal projectada, tara del vehicle i coeficient aerodinàmic, dades les quals necessitarem pel càlcul de potència total (en excepció de la cilindrada, longitud i distància entre eixos).

En la Taula 4.3 es pot veure la mitjana de les característiques anteriorment citades per cada grup.

	CILINDRADA [cm3]	LONGITUD [mm]	AMPLADA [mm]	ALÇADA [mm]	DEE [mm]	ÀREA FRONTAL PROJECTADA [m2]	TARA VEHICLE [kg]	Cx
GRUP 1 < 1199 [cm3]	1.056	3.725	1.642	1.473	2.422	2,06	947	0,33
GRUP 2 1200 - 1599 [cm3]	1.391	4.245	1.748	1.458	2.599	2,17	1.229	0,30
GRUP 3 1600 - 1999 [cm3]	1.667	4.318	1.782	1.497	2.614	2,27	1.312	0,31
GRUP 4 > 1999 [cm3]	2.400	4.489	1.813	1.576	2.689	2,43	1.585	0,33

Taula 4.3. Mitjana en funció de la cilindrada de la base de dades

4.2. Cicle de conducció

A hores d'ara ningú es deixa enganyar pels consums homologats que declaren els fabricants de cotxes. Tots sabem que per norma general són més baixos que els reals a causa que s'obtenen sotmetent al vehicle al famós cicle NEDC (New European Driving Cycle), que s'assembla a les condicions reals com un ou a una castanya. Però aviat ens trobarem a les fitxes tècniques amb el consum homologat WLTP (Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure) i emissions, que intenta ser més realista que NEDC.

Així doncs anem a veure en que consisteix cada un dels cicles, i les diferències entre ells.

4.2.1. Cicle NEDC

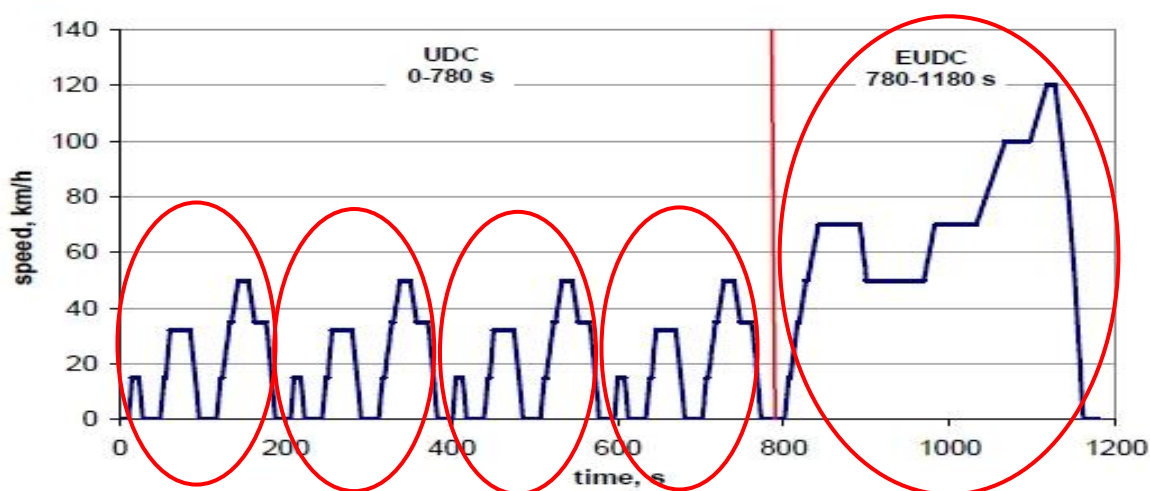
El NEDC és un cicle de conducció artificial (prova de laboratori) creat al 1992 i actualitzat per últim cop el 1997, dissenyat per avaluar els nivells d'emissió de motors d'automòbils i l'estalvi de combustible en els vehicles de passatgers (exclou camions lleugers i vehicles comercials).



Imatge 4.1. Assaig d'un cycle NEDC

Va ser dissenyat amb l'objectiu de calcular de forma precisa el consum de combustible i les emissions de vehicles lleugers. Però aquest cycle, que se suposa que representa l'ús típic d'un cotxe a Europa, és criticat en múltiples ocasions per la publicació de xifres de consums que són, pràcticament inigualables a la conducció real. És a dir, el consum real és sovint diferent a la informació proporcionada per cycle de conducció NEDC.

Aquest cycle es divideix en dos parts. Per una banda quatre cycle de conducció urbana anomenat ECE-15 o simplement UDC on la velocitat màxima no es superior a 50km/h i es caracteritza per una baixa carga del motor, i per altre banda un cycle de conducció per carretera anomenat EUDC on representa models de conducció més agressius amb una velocitat màxima no superior a 120km/h. Vegem-ho en la Gràfica 4.1:



Gràfica 4.1. Cycle complet NEDC (velocitat-temps)

Pel que les condicions d'assaig respecte, el cycle s'ha de realitzar a una temperatura ambient

d'entre uns 20-30 °C (idealment 25 °C), els motors han de tenir un rodatge d'entre 3.000 i 15.000km, tots els sistemes elèctrics no fonamentals (A/C, llums, etc) apagats, una sola persona al volant amb les finestres pujades i tot i que l'assaig es pot dur a terme en una carretera plana, en absència de vent, generalment es realitzen en un banc de proves de rodets equipat amb una màquina elèctrica per simular la resistència aerodinàmica.

4.2.2. Cicle WLTP

El cicle WLTP és un cicle de conducció que defineix una norma harmonitzada a nivell mundial, per determinar els nivells de contaminants i CO₂, consum d'energia, i l'autonomia elèctrica de vehicles lleugers (turismes i furgonetes comercials lleugeres). Aquest cicle fa distinció de quatre fases de velocitat durant tot el cicle: baixa, mitja, alta i extra-alta.



Imatge 4.2. Assaig d'un cicle WLTP

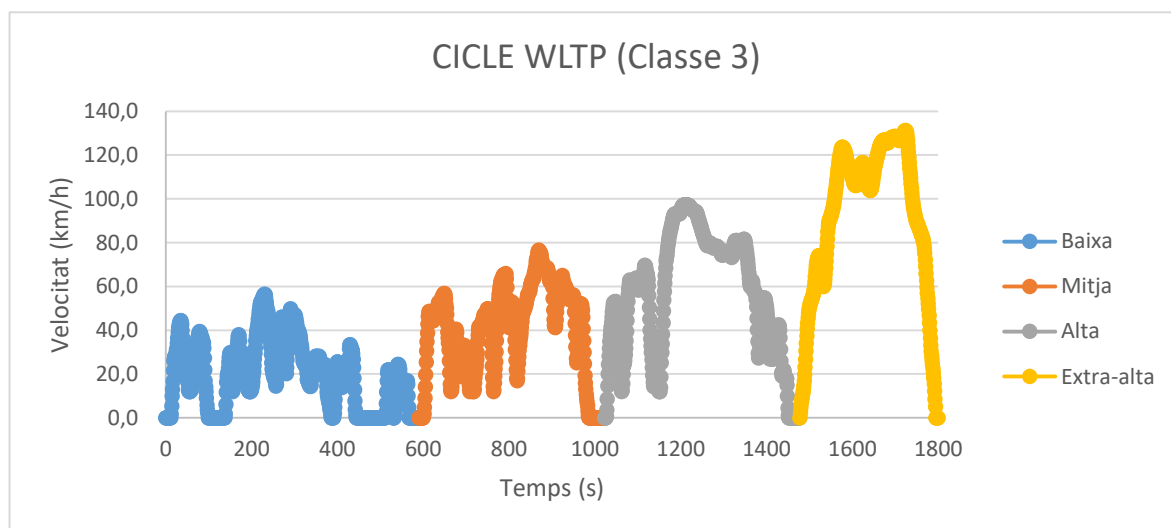
El cicle WLTP divideix els vehicles en tres tipus, depenent de la seva ràtio PMR (power to mass, W/kg), que no és més que la relació entre la potència nominal que desenvolupa el motor, en watts i el pes del vehicle en kg (tara):

- Classe 1 ($PMR \leq 22$): si la velocitat màxima és superior a 70km/h, el vehicle es sotmetrà a les fases baixa, mitja i baixa de nou, i si la velocitat és inferior a 70km/h haurà de passar dues vegades la fase baixa.

- Classe 2 ($34 \geq \text{PMR} > 22$): si la velocitat del vehicle es $\geq 90\text{km/h}$, el vehicle es sotmetrà a les mateixes fases que la classe 3 exceptuant la extra-alta, si la velocitat màxima del vehicle és $< 90\text{km/h}$ la fase alta se substituirà per una repetició de la baixa.
- Classe 3 ($\text{PMR} > 34$): si la velocitat del vehicles és $\geq 135\text{km/h}$, el vehicle es sotmetrà a les fases de velocitat baixa, mitja, alta i extra-alta, si la velocitat màxima del vehicle és $< 135\text{km/h}$ la fase extra-alta se substituirà per una repetició de la baixa.

La gran majoria de cotxes pertanyen a la Classe 3 i en l'actualitat, pràcticament la totalitat dels vehicles permeten superar velocitats de 135km/h , així que el consum i les emissions homologades WLTP s'obtidran passant per les quatre fases de velocitat: baixa, mitja, alta i extra-alta, de la classe 3.

En la Gràfica 4.2 es pot veure el perfil de velocitats de l'assaig per un vehicle Classe 3 incloent les diferents fases de velocitat:



Gràfica 4.2. Cicle WLTP del Cicle 3 per les diferents fases de velocitat

La relació dels temps, distàncies, velocitats, acceleracions i desacceleracions entre fases es pot veure la Taula 4.4:

Fase	Temps total [s]	Temps parat [s]	Distància [m]	Velocitat mitjana [m/s]	Percentatge de parada [%]	Velocitat màxima [km/h]
Baixa	589	156	3095	5,3	26,5%	56,5
Mitja	433	48	4756	11,0	11,1%	76,6
Alta	455	31	7158	15,7	6,8%	97,4
Extra-alta	323	7	8254	25,6	2,2%	131,3
TOTAL	1.800	242	23.262			

Fase	Velocitat mitjana sense parades [km/h]	Velocitat mitjana amb parades [km/h]	Desacceleració màxima [m/s ²]	Acceleració màxima [m/s ²]
Baixa	25,7	18,9	-1,47	1,47
Mitja	44,5	39,5	-1,49	1,57
Alta	60,8	56,6	-1,49	1,58
Extra-alta	94,0	92,0	-1,21	1,03

Taula 4.4. Comparativa de les diferents fases del cicle WLTP

Tal i com podem veure a la Taula 4.4, el temps per completar l'assaig és de 1.800 segons, és a dir de 30min i amb aquest temps es cobreix una distància total de 23.262 metres.

Cal destacar que la fase de velocitat extra-alta és bastant representativa d'una conducció per autopista, la mitjana de velocitat en aquesta fase (amb parades incloses) és de 92km/h arribant a un màxim de 131km/h i aquesta part del test dura 323 segons, representant un 18% del total de la prova, la qual cosa en molts casos pot considerar-se un percentatge adequat d'autopista/autovia respecte l'ús total del vehicle.

En la fase de velocitat baixa el vehicle està parat un total de 156 segons, que representa un 26% respecte al total de la fase, cosa que també sembla acerat per simular un comportament real en ciutat.

Un altre dels trets característics d'aquest cicle, és que en tot instant de temps, es considera un pendent nul. Aquesta dada serà necessària pel càlcul de la potència, com es comentarà en el punt 0 de la present memòria.

4.2.3. Cicle WLTP vs NEDC

Segons l'ACEA (Associació europea de fabricants d'automòbils), l'any 2014 les emissions de CO₂ homologades amb el cicle NEDC es distanciaven com a mitjana un 35% de la realitat i es preveia que el 2020 es distanciessin aproximadament un 49%, mentre que amb el cicle WLTP aquesta diferència seria de només un 23%, punt a favor del cicle WLTP.

Tant el cicle NEDC com el WLTP, comencen amb el cotxe fred, això penalitza més al vehicle en el primer cicle (NEDC) ja que el test dura només 11km enfront dels 23km del WLTP, de manera que el funcionament en fred serà un percentatge major del total.

A més a més el cicle NEDC, utilitza uns perfils teòrics de conducció que no coincideixen amb els perfils d'usuaris reals, l'acceleració teòrica tampoc coincideix, no incorpora velocitats altres

(és difícil de creure que ningú sobrepassa la velocitat de 120km/h), defineix la velocitat mitjana massa baixa, masses fases d'aturada, no te en compte el pes dels equipaments opcionals, etc

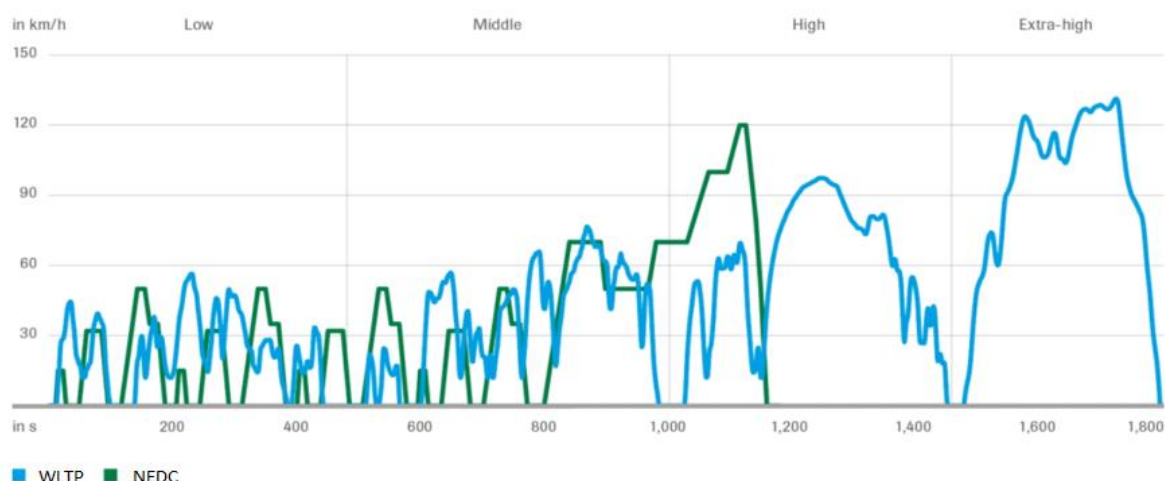
Un dels pocs punts criticats d'aquest nou cicle d'homologació és que, igual que en el cicle NEDC, es fa sobre corròns i no en la carretera, fet que fa sospitar que tot i que haver-se ajuntat més a la realitat no acabarà sent tan precisi com si es realitzes a la pròpia carretera.

Així dons, algunes de les diferències existents entre els dos cicles queden representades a la Taula 4.5:

	WLTP	NEDC
Temperatura inicial del motor	fred	fred
Temps del cicle [min]	30	20
Proporció de temps de parada [%]	13	26
Longitud [km]	23	11
Velocitat mitjana [km/h]	52	131
Velocitat màxima [km/h]	34	121
Influència dels equipaments opcionals	Els té en compte	No els té en compte

Taula 4.5. Resum d'algunes de les diferències entre els dos cicles de conducció.

A la Gràfica 4.3 podem veure una comparativa entre el cicle NEDC i el WLTP:



Gràfica 4.3. Comparativa dels cicles WLTP i NEDC

4.3. Càlcul de resistència unitària per grups

Abans d'entrar en detall en els càlculs, cal subratllar que aquests s'han basat en les dades del cicle de conducció WLTP, que com hem vist, serà el substitut del cicle NEDC i de fet serà el que s'utilitzarà en un futur per la homologació de noves series de vehicles. Aleshores sembla correcte seleccionar aquest cicle pel desenvolupament dels càlculs.

Així doncs el primer pas per poder calcular la potència, serà determinar quina és la força necessària per moure un vehicle concret (en el nostre cas serà el càlcul dels quatre grups). Evidentment en cada instant de temps aquesta xifra variarà, ja que les demandes de velocitat en cada instant varien segons el cicle WLTP. Les dades completes del cicle WLTP es poden consultar a l'annex C.

La força necessària per satisfer la demanda de velocitat i acceleració en cada instant, ens dependrà de quatre components, i és que, per desplaçar tot vehicle s'ha de vèncer quatre tipus de forces resistents diferents (a part de fenòmens puntuals, com irregularitats a la carretera) que són:

- Resistència a la rodadura (R_r)
- Resistència deguda a la pendent de la carretera (R_p)
- Resistència aerodinàmica (R_a)
- Resistència a l'acceleració (R_{ac})

Tot seguit es procedirà a estudiar cada un dels tipus de resistència citats anteriorment per separat.

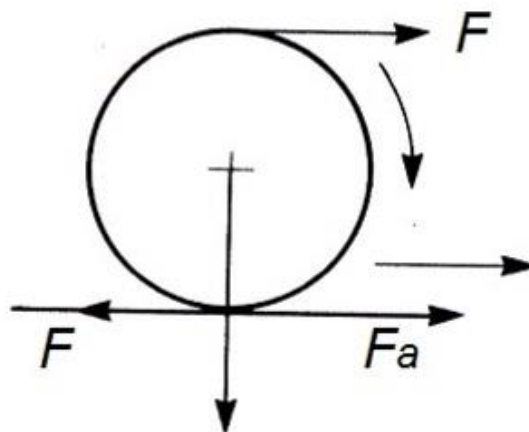
Resistència a la rodadura (R_r)

El motor de tot vehicle desenvolupa un parell i una potència determinats, que després de passar per la transmissió (caixa de canvis, caixa de transferència, diferencial, etc), arriba fins a les rodes motrius.

A causa d'aquest parell, en les rodes motrius es crea una força (F), que es transmet tangencialment pel neumàtic fins el punt de contacte amb el terra.

Ara bé, si la força tangencial F fos més gran que força d'adherència F_a , aleshores el neumàtic

no rodaria sinó que patinaria sobre el terra. En canvi i com passa normalment, quan la força F és menor a la força d'adherència F_a la roda motriu gira fent que el vehicle avanci correctament en el sentit de marxa. A la Imatge 4.3 es pot veure de forma gràfica les forces que hi intervenen.



Imatge 4.3. Forces que intervenen degudes a l'avanç del neumàtic

Aleshores de forma resumida:

- Si $F > F_a$ —————> El neumàtic patina (no desitjat)
- Si $F < F_a$ —————> Condició de rodadura

Per altre banda, aquest parell de rodadura que fa que el neumàtic no patini, ocasiona una força oposada a l'avanç del neumàtic, anomenada resistència a la rodadura (R_r) valor el qual es pot calcular segons Ec 4.1:

$$R_r = \mu_r * Q_T \quad \text{Ec 4.1}$$

On:

Q_T : pes total del vehicle que es pretén accelerar, aplicat en el c.d.g (N)

μ_r : coeficient de rodadura (adimensional)

Es considera que el pes total del vehicle es el pes propi del vehicle, més 75kg corresponents a la massa del pilot (MOM). Aquesta dada es presa de la Taula 4.3, calculada pels quatre grups. Els resultats complets es poden consultar a l'annexa D.

Pel que fa al coeficient de rodadura (μ_r), és un coeficient adimensional que s'obté experimentalment i depèn de múltiples factors com ara l'estat i pressió dels pneumàtics, l'estat i tipus de paviment, velocitat del vehicle, etc. A la , s'indiquen alguns dels valors més comuns del coeficient de rodadura, segons l'estat del paviment y per unes condicions normals de circulació i estat de conservació del vehicle.

Valors coeficient de rodadura	
Estat del paviment	Coeficient de rodadura (μ_r)
Carretera de ciment	0,0125
Empedrat sec	0,015
Carretera asfaltada	0,02 - 0,03
Terreny natural dur	0,08
Terreny arenós	0,15 - 0,3

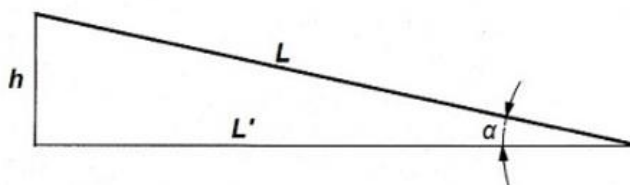
Taula 4.6. Valor adimensionals del coeficient de rodadura

Per el nostre cas d'estudi, al ser en tot moment una carretera pavimentada asfaltada, es considerarà el valor mig del coeficient de rodadura, $\mu_r = 0.025$. Aleshores l'expressió pel càlcul de la resistència a la rodadura queda reflectida en Ec. 4.2:

$$R_r = 0.025 * Q_T \quad \text{Ec. 4.2}$$

Resistència deguda a la pendent de la carretera (R_p)

Per definició exacte, la pendent d'una carretera (i) és la tangent de l'angle que forma la diferència d'altura amb la horitzontal, és a dir:



Imatge 4.4. Pendent d'una carretera

Obtenint Ec. 4.3:

$$i = \operatorname{tg}(\alpha) = \frac{h}{L'} \quad \text{Ec. 4.3}$$

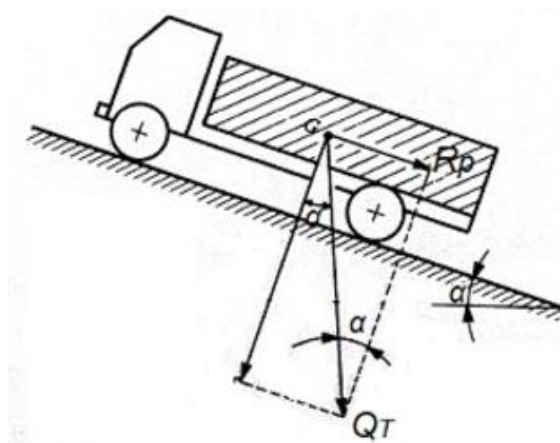
Però, com passa en la gran majoria del casos, per angles petits l'equació anterior es pot simplificar a través del raonament següent:

Si $\alpha \ll 1$, llavors $L' \simeq L$ i per tant $\operatorname{tg}(\alpha) \simeq \sin(\alpha)$.

Ja que és habitual expressar la pendent d'una carretera en tan per cent, es a dir amb valors de $L = 100\text{m}$, la pendent de la carretera queda expressada segons Ec. 4.4:

$$i = \operatorname{tg}(\alpha) \simeq \sin(\alpha) = \frac{h}{100} \quad \text{Ec. 4.4}$$

D'aquesta manera, si un vehicle està pujant per una carretera amb pendent, part del pes propi del vehicle (Q_t) s'oposarà al moviment ascendent d'aquest. Aquest valor resistent degut a la pendent de la carretera (R_p), s'expressarà segons Ec. 4.5.



Imatge 4.5. Representació de les forces en una carretera amb pendent.

Obtenint així:

$$R_p = Q_t * \sin(\alpha) = Q_t * i \quad \text{Ec. 4.5}$$

Una de les característiques del cicle WLTP, tal i com s'ha comentat en l'apartat 4.2.2 és que no hi ha pendent al llarg del cicle de conducció. Per tant $i = 0$ i per tant el terme de la resistència deguda a la pendent de la carretera (R_p), és nul. Llavors l'expressió definitiva queda representada en l'Ec. 4.6:

$$R_p = 0$$

Ec. 4.6

Resistència aerodinàmica (R_a)

És molt comú escoltar parlar de la resistència aerodinàmica i de fet no és més que la força que s'oposa a l'avanç de qualsevol cos a través de l'aire i és contrària (va en sentit invers) a la velocitat del cos.

A l'igual que amb d'altres forces aerodinàmiques, per comprovar l'eficàcia d'una forma (en aquest cas una carrosseria) al travessar l'aire, s'utilitzen els coeficients aerodinàmics. Aquest coeficient rep els noms de coeficient de penetració, coeficient de resistència o també coeficient aerodinàmic.

Llavors, saben que la resistència aerodinàmica depèn d'un coeficient que depèn de la forma de l'objecte on les formes suaus i arrodonides de per exemple els para-xocs, els miralls retrovisors o fins i tot els pilots d'enllumenat influeixen en el coeficients aerodinàmic i en conseqüència en la resistència aerodinàmica. L'audi A2 i el Citroën C4 son exemples d'acabats arrodonits i amb coeficients aerodinàmics baixos.



Imatge 4.6. Audi A2, exemple d'un vehicle amb un coeficient aerodinàmic baix

L'Ec. 4.7 permet calcular aquesta resistència expressada en Newtons:

$$R_a = \frac{1}{2} * \rho * C_x * S * V^2 \quad \text{Ec. 4.7}$$

On:

R_a : resistència aerodinàmica (N)

P: densitat del medi; aire [kg/m³]

C_x : coeficient de penetració aerodinàmica (adimensional)

S: àrea frontal projectada que ofereix el vehicle en sentit de marxa (m²)

V: velocitat instantània del vehicle (m/s)

Suposant que la pressió de l'aire és constant i igual a 1 atm, i la temperatura constant i igual a 15 °C, la densitat de l'aire és 1.225kg/m³, que si ho substituïm a l'Ec. 4.7 queda reduïa a:

$$R_a = 0,6125 * C_x * S * V^2 \quad \text{Ec. 4.8}$$

El coeficient de penetració aerodinàmica i l'àrea frontal projectada son presos de la Taula 4.3 i la velocitat és presa del cicle de conducció WLTP per cada instant de temps. Aleshores es calcula aquesta força per cada grup, i per cada instant de temps. Els resultats complets es poden consultar a l'annexa D.

Resistència a l'acceleració (R_{ac})

Aquest terme és el que té en compte la força que hem d'aportar per accelerar una massa a una determinada acceleració. Aleshores s'aplica la segona llei de Newton; el sumatori de forces per accelerar una massa es igual al pes per la acceleració el qual està sotmès. D'aquesta manera es formula l'Ec. 4.9:

$$R_{ac} = Q_T * a \quad \text{Ec. 4.9}$$

On:

Q_T : pes total del vehicle que es pretén accelerar, aplicat en el c.d.g (N)

a: acceleració que es sotmet el vehicle per cada instant de temps (m/s²)

S'ha de tenir en compte que la massa, igual que en el càlcul de la resistència a la rodadura, és la tara del vehicle +75kg del conductor del vehicle (MOM), i s'obté de la Taula 4.3. L'acceleració procedeix del cicle WLTP i com en el velocitat, aquest valor variarà per cada instant de temps. Aleshores es calcula per cada grup i per cada instant, la resistència a l'acceleració.

Un cop analitzat en detall tots els termes que afecten a la resistència a l'avanç, la resistència total es calcular sumant els quatre termes anteriorment explicats, obtenint uns valors de resistència total per cada instant de temps i per cada grup de turismes. Els resultats es poden consultar a l'annex D.

4.4. Càlcul de la potència unitària per grups

De l'apartat 0, hem obtingut la força total en Newtons, i per convertir-la en Watts haurem d'aplicar el següent raonament:

Si:

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{Ec. 4.10}$$

I

$$W = F * d \quad \text{Ec. 4.11}$$

Aleshores:

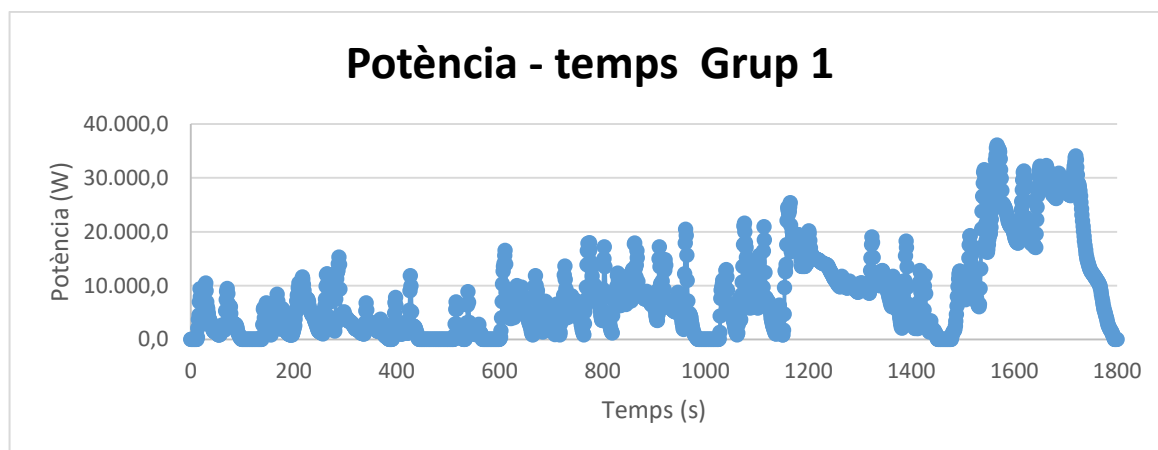
$$P = \frac{F * d}{t} \quad \text{Ec. 4.12}$$

I per tant:

$$P = F * v \quad \text{Ec. 4.13}$$

Coneixen la relació de Ec. 4.13, podem passar de la resistència total, a la potència total, multiplicant únicament per la velocitat de cada instant, dada que ens dependrà del cicle WLTP.

Arribats aquest punt ja coneixem en cada instant la potència total instantània que hem de donar al nostre vehicle en funció del grup. Aleshores serà fàcil de representar gràficament la demanda de potència en funció del temps. La Gràfica 4.4 mostra la demanda pel grup 1:



Gràfica 4.4. Representació potència – temps del grup 1

Coneixent la potència instantània, podem calcular la potència total mitjana sumant totes les potències instantànies i dividint-les pel temps que tarda a fer un cycle complet, es a dir 1800 segons.

D'aquesta manera podem conèixer la potència total mitjana necessària per realitzar un sol cycle WLTP per cada grup. Però es difícil de creure que cada vehicle realitzi un sol cycle al dia, ja que si et desplaces de un punt A a un punt B, lo lògic es que tornis de B a A, i per tan serien dos cycles per dia, un de anada i un de tornada. Així que es suposa que tots el turismes de mitjana faran dos cycles per dia (algun no en farà cap, i algun altre en farà 4).

D'aquesta manera el valor de potència obtingut anteriorment s'haurà de multiplicar per dos cycles diaris.

Utilitzant l'Ec. 4.10, podem trobar de forma senzilla l'energia necessària, simplement multiplicant la potència pel temps del cycle complet i dividint per 1000 per fer el canvi de unitats a KJ.

D'aquesta manera la Taula 4.7 mostra els resultats de potència i energia pels quatre grups:

	Grup 1	Grup 2	Grup 3	Grup 4
Potència mitjana motriu del cycle complert (W)	15.961,7	18.678,7	19.973,8	23.655,6
Energia mitjana motriu del cycle complert (kJ)	28.731,1	33.621,7	35.952,8	42.580,1

Taula 4.7. Resultats dels des potencies i energies unitàries per cada grup.

4.5. Parc de turismes de Barcelona segons criteri

Tal i com es comentava a l'apartat 4.1, sigui quin sigui el criteri que s'agrupa la base de dades, un del punts que ha de complir és que en conegui el nombre de turismes en funció del grup [4]. La Taula 4.8 mostra aquesta informació per l'any 2016 (dades més actualitzades):

	Nº vehicles	Percentatge
GRUP 1 < 1199 [cm3]	105.540	19,0%
GRUP 2 1200 - 1599 [cm3]	294.231	52,9%
GRUP 3 1600 - 1999 [cm3]	116.625	21,0%
GRUP 4 > 1999 [cm3]	39.689	7,1%
TOTAL	556.085	100,0%

Taula 4.8. Número de turismes a l'AMB, segons criteri d'agrupació.

Així dons veiem que per l'any 2016, més de la meitat dels turisme de l'AMB tenen una cilindrada d'entre 1.200 i 1.599 cm³, amb 294.231 turismes.

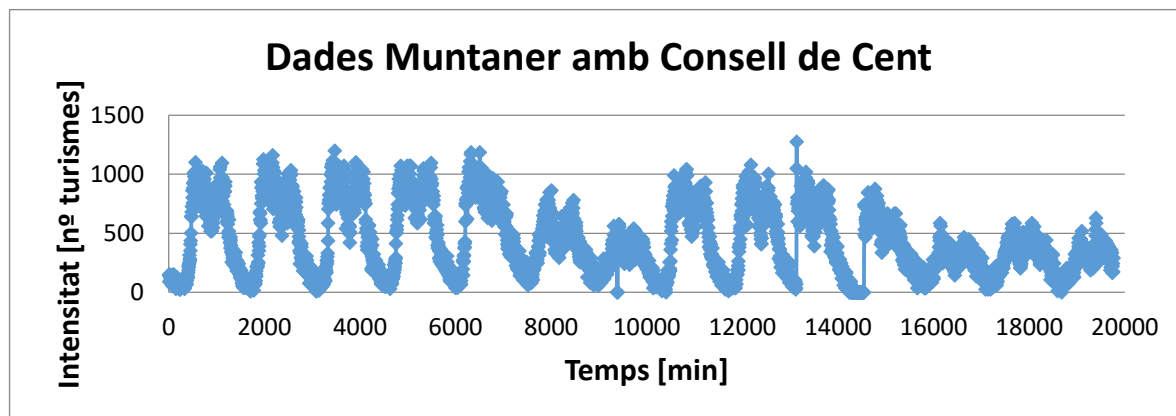
Aquestes dades seran de vital importància per poder calcular la potència de tots els grups, com veurem en els apartats següents.

4.6. Dades carrer Muntaner - Consell de Cent

Una de les dades que encara ens falta per conèixer, es el nombre de turismes que circula cada hora per l'AMB. Aquestes dades son experimentals, i s'obtenen del sensors col·locats a diferents carrers de Barcelona. Donant que aconseguir aquestes dades és molt complicat i fins i tot es consideren dades confidencials, es fa el supòsit que els turismes que passen per l'encreuament del carrer Muntaner amb Consell de Cent, son els que circulen de mitjana a tota l'AMB, ja que son les úniques dades que es tenen accés. Tot i això, no és un supòsit desgavellat, ja que es tracta d'una cruïlla cèntrica i freqüentada com moltes altres de Barcelona, on la mitjana de turismes d'altres carreres més i menys freqüentats, podria donar una mitjana similar al nombre de turismes que passen per l'encreuament del carrer Muntaner amb Consell de Cent.

Les dades proporcionades quantifiquen el nombre de turismes que passen per l'encreuament del carrer Muntaner amb Consell de Cent cada 5 minuts, es a dir, el nombre de turismes que passen durant 5 minuts. L'inici de la presa de dades es a les 00:00 del dilluns 14 març del 2016, i acaba a les 00:00 del dilluns 28 de març, es a dir es tenen dades durant dues setmanes consecutives.

La Gràfica 4.5, mostra les dades de les dues setmanes que es coneixen dades.



Gràfica 4.5. Dades del carrer Muntaner amb Consell de Cent del 14 al 27 de març de 2016

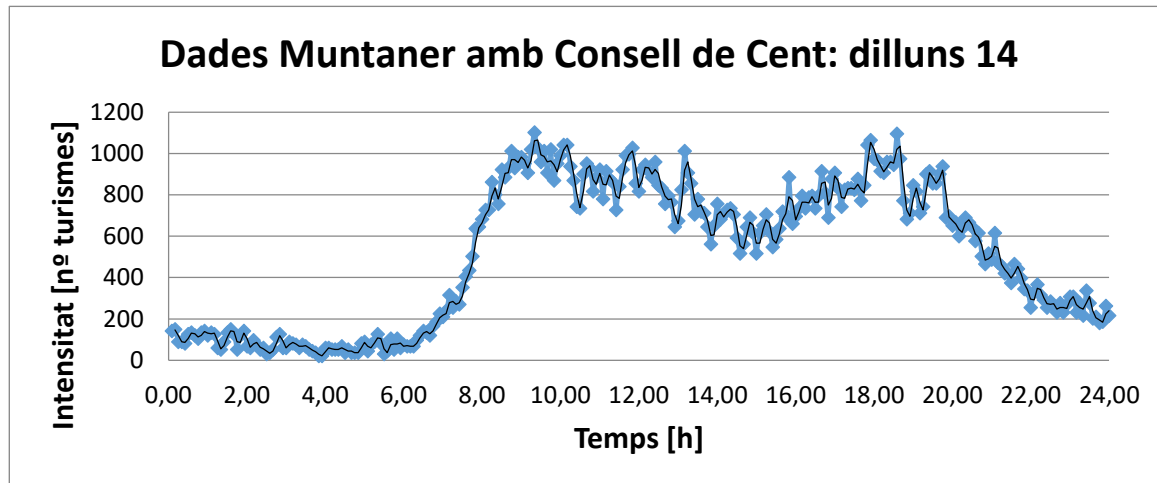
A la es pot observar de forma clara els diferents dies de la setmana on, durant els dies laborables s'arriben a pics de intensitat de 1.100 - 1.200 turismes cada 5 minuts, mentre que els dissabtes aquest valor baixa a 700 - 800 turismes i els diumenges baixa encara més fins a uns 600 turismes.

Seguidament s'examinaran els dies laborables, els dissabtes i els diumenges de forma

separada:

4.6.1. Dies laborables

Examinant més detalladament un dia laborable, per exemple el dilluns, veurem com evoluciona la intensitat de turismes en funció de l'hora del dia.



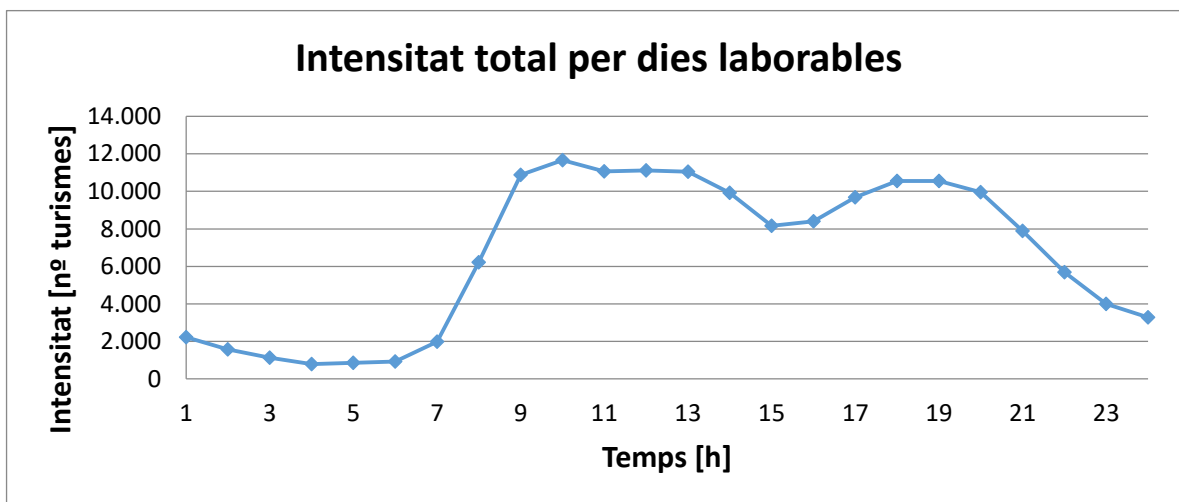
Gràfica 4.6. Dades del carrer Muntaner amb Consell de Cent del dilluns 14 març de 2016

Tal i com podem veure en la , durant les hores nocturnes (de 00:00 a 06:00) la intensitat de turismes es molt baixa, d'entre 50 i 150 turismes. Com és d'esperar a les primers hores del matí, la intensitat es dispara fins arribar a pics de 1.100 vehicles. A mig matí baixa lleugerament i al migdia tora a pujar fins al 1.000 – 1.100 vehicle. A partir d'aquí, la intensitat baixa fins a mitja tarda i torna a pujar tornant a tocar pics de 1.000 – 1.100 vehicles entre 18:00 i 19:00 hores. A partir d'aquests instants la intensitat decreix fins quan entra un nou dia.

Abans de prosseguir, és important donar-se compte d'un detall: en la Gràfica 4.5, la segona setmana podem veure que no segueix el mateix perfil que la primera. Això es degut que la setmana del 21 al 27 de març de 2016 era setmana Santa, i per tan sembla lògic pensar que la intensitat de turismes no fos regular ni igual a un setmana normal. Aleshores, es descarta la segona setmana i es considera únicament la setmana del 14 al 20 de març de 2016.

Així doncs, observant les gràfiques dels dies laborables de la 1ra setmana, presents a l'annexa E.1, ens adonem que presenten perfils d'intensitat molt similars, i per tan podem agrupar tots el dies laborables fent la mitjana dels cinc dies laborables de la 1ra setmana. Donat que es vol avaluar els resultats amb hores, i no amb minuts, es sumen les intensitat de cada hora.

D'aquesta manera obtindrem una sola gràfica d'intensitat (Gràfica 4.7) en un dia laborable en funció de cada hora del dia.



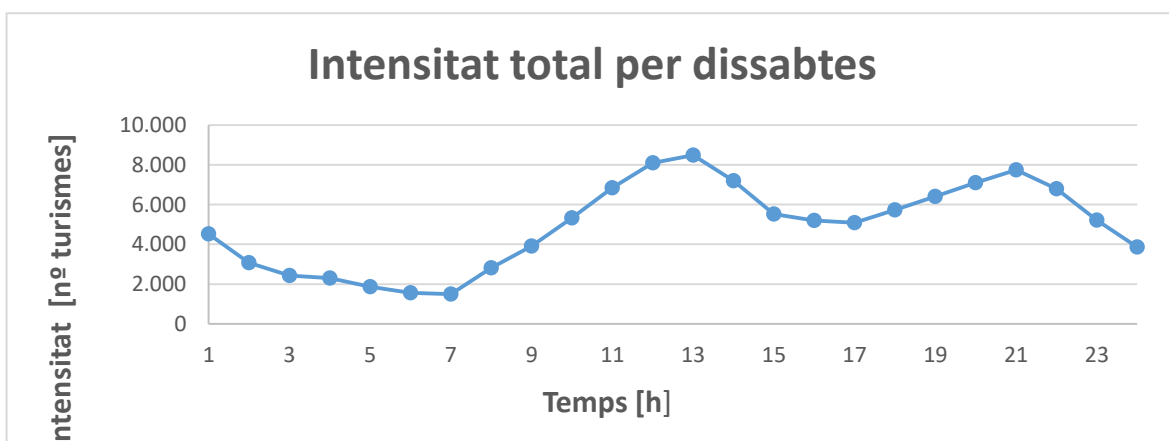
Gràfica 4.7. Intensitat total horària pels dies laborables

Es pot consultar la taula completa en l'annexa E.2.

4.6.2. Dissabtes

Al considerar únicament la 1r setmana, només tenim dades de un sol dissabte, per tan no caldrà fer la mitjana amb cap altre dissabte. Aleshores, i de igual manera que el dia laborable, s'obté la intensitat total de turismes en funció de l'hora del dia.

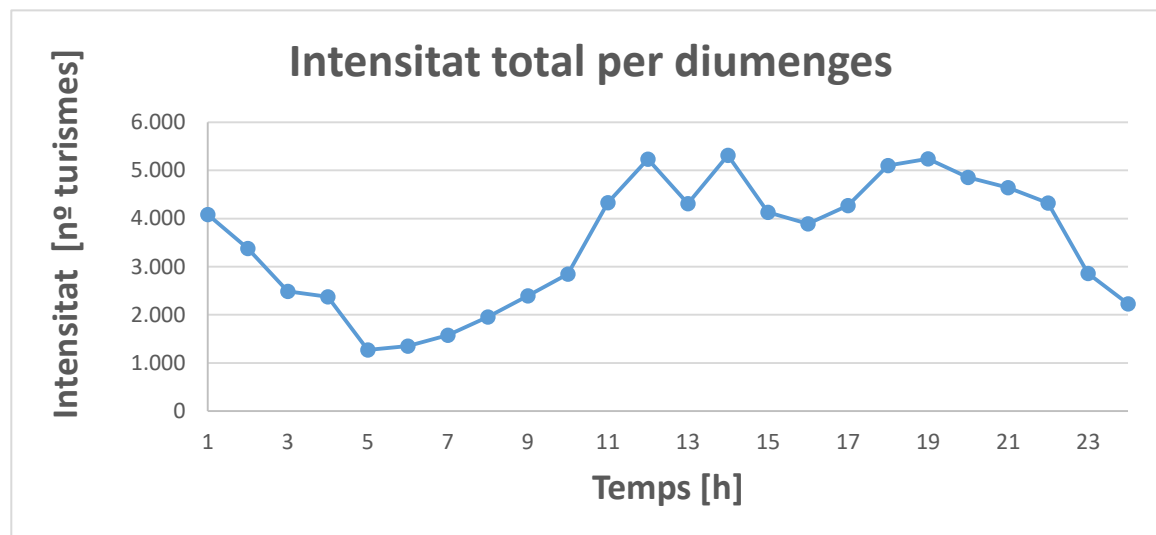
La Gràfica 4.8, mostra aquesta intensitat. Es pot consultar la taula completa en l'annexa E.3.



Gràfica 4.8. Intensitat total horària pels dissabtes.

4.6.3. Diumenges

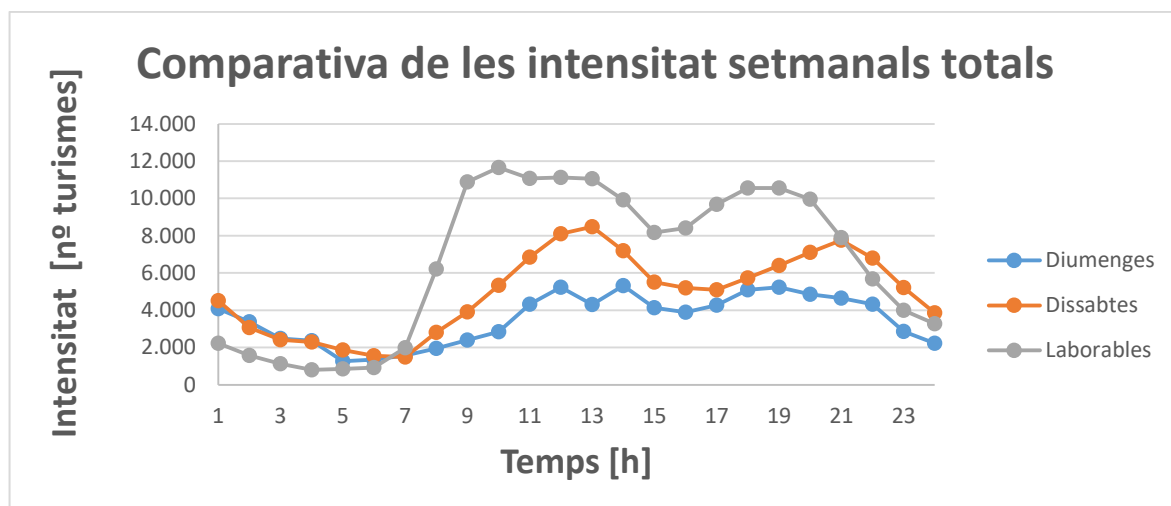
Pel que els diumenges respecte, es seguirà el mateix procediment que en els dissabtes; considerant únicament el diumenge de la 1a setmana i sumant les intensitat en grups horaris, d'aquesta maners s'obté . La taula completa es pot consultar a l'annexa E.4.



Gràfica 4.9. Intensitat total diària pels diumenges.

4.6.4. Comparació entre les intensitats dels dies laborables, dissabtes i diumenges.

En aquest apartat es pretén comparar les tres corbes de intensitat trobades en els apartats 4.6.1, 4.6.2 i 4.6.3 de la present memòria. Per fer-ho es dibuixen les tres corbes en la:



Gràfica 4.10. Comparativa de les intensitats setmanals

Podem observar que en els dissabtes, tenim més moviment de turismes en hores nocturnes que en els dies laborables, però en canvi no es així en les hores diürnes, on s'aprecia un disminució important en la intensitat dels vehicles. Les causes d'aquests fets son obvies, ja que la majoria de gent al no treballar els dissabtes, aprofita per sortir durant el vespre i/o nit, i descansar o marxar fora de Barcelona durant les hores diürnes. Pel que fa al diumenge encara tenim menys intensitat que el dissabte en totes les hores, per lo que es considera el dia amb menys moviment de turismes a l'AMB.

4.7. Càlcul de la potència i energia totals d'un cicle complet

Un cop arribats aquest punt, ja disposem de totes les dades necessàries per calcular la potència i energia totals.

Coneixent el nombre de turismes que circulen a l'AMB cada hora (segons si es laborable, dissabte o diumenge) i el nombre total de turismes que hi ha, es podrà calcular el % de cotxes que estan circulant cada hora. Sabent el percentatge de turismes de cada grup respecte el total, simplement multiplicant el valor anterior per aquest percentatge, es trobaran els % de turismes que circulen de cada grup, cada hora i segons el dia de la setmana (laborable, dissabte o diumenge).

La Taula 4.9 recull els càlculs anteriorment explicats, per un dia laborable.

Temps total [h]	% cotxes TOTALS	% cotxes GRUP 1	% cotxes GRUP 2	% cotxes GRUP 3	% cotxes GRUP 4
00:00 - 00:59	0,40%	0,08%	0,21%	0,08%	0,03%
01:00 - 01:59	0,28%	0,05%	0,15%	0,06%	0,02%
02:00 - 02:59	0,20%	0,04%	0,11%	0,04%	0,01%
03:00 - 03:59	0,14%	0,03%	0,08%	0,03%	0,01%
04:00 - 04:59	0,15%	0,03%	0,08%	0,03%	0,01%
05:00 - 05:59	0,17%	0,03%	0,09%	0,04%	0,01%
06:00 - 06:59	0,36%	0,07%	0,19%	0,08%	0,03%
07:00 - 07:59	1,12%	0,21%	0,59%	0,23%	0,08%
08:00 - 08:59	1,96%	0,37%	1,04%	0,41%	0,14%
09:00 - 09:59	2,10%	0,40%	1,11%	0,44%	0,15%
10:00 - 10:59	1,99%	0,38%	1,05%	0,42%	0,14%
11:00 - 11:59	2,00%	0,38%	1,06%	0,42%	0,14%
12:00 - 12:59	1,99%	0,38%	1,05%	0,42%	0,14%
13:00 - 13:59	1,78%	0,34%	0,94%	0,37%	0,13%
14:00 - 14:59	1,47%	0,28%	0,78%	0,31%	0,10%
15:00 - 15:59	1,51%	0,29%	0,80%	0,32%	0,11%
16:00 - 16:59	1,74%	0,33%	0,92%	0,37%	0,12%
17:00 - 17:59	1,90%	0,36%	1,00%	0,40%	0,14%
18:00 - 18:59	1,90%	0,36%	1,00%	0,40%	0,14%
19:00 - 19:59	1,79%	0,34%	0,95%	0,38%	0,13%
20:00 - 20:59	1,42%	0,27%	0,75%	0,30%	0,10%
21:00 - 21:59	1,02%	0,19%	0,54%	0,21%	0,07%
22:00 - 22:59	0,72%	0,14%	0,38%	0,15%	0,05%
23:00 - 23:59	0,59%	0,11%	0,31%	0,12%	0,04%

Taula 4.9. Percentatge de turismes en un dia laborable, en funció de les hores del dia i del grup.

Un cop es coneixen els percentatges de cada grup (Taula 4.8) i el nombre de turismes totals que hi ha de cada grup (Taula 4.8), podem saber el nombre de turismes que circula cada hora del dia per cada grup; Taula 4.10.

Temps total [h]	Nº cotxes GRUP 1	Nº cotxes GRUP 2	Nº cotxes GRUP 3	Nº cotxes GRUP 4
00:00 - 00:59	81	224	89	31
01:00 - 01:59	57	159	63	22
02:00 - 02:59	41	115	46	16
03:00 - 03:59	29	80	32	11
04:00 - 04:59	31	86	34	12
05:00 - 05:59	34	94	38	13
06:00 - 06:59	72	201	80	27
07:00 - 07:59	224	624	248	85
08:00 - 08:59	393	1094	434	148
09:00 - 09:59	420	1171	464	158
10:00 - 10:59	399	1112	441	150
11:00 - 11:59	401	1117	443	151
12:00 - 12:59	398	1110	440	150
13:00 - 13:59	358	997	395	135
14:00 - 14:59	295	821	326	111
15:00 - 15:59	303	844	335	114
16:00 - 16:59	349	973	386	132
17:00 - 17:59	381	1060	421	143
18:00 - 18:59	381	1060	421	143
19:00 - 19:59	359	1001	397	135
20:00 - 20:59	285	794	315	107
21:00 - 21:59	205	571	227	77
22:00 - 22:59	145	403	160	55
23:00 - 23:59	119	330	131	45
TOTAL	5760	16041	6366	2171

Taula 4.10. Número de turismes en un dia laborable, en funció de les hores del dia i del grup

En la realització del càlculs anteriors, la majoria de resultats eren amb xifres decimals, i com que es tracta de turismes, s'ha considerat oportú arrodonir a l'alça.

I, ara sí, coneixent la potencia unitària de cada grup (Taula 4.7) i el nombre de cotxe que hi ha per grup i per hora (Taula 4.10), es troba la potència total de cada grup i cada hora.

La mostra els valor de les potències del cicle complet, en un dia laborable:

Temps total [h]	Potència GRUP 1 [W]	Potència GRUP 2 [W]	Potència GRUP 3 [W]	Potència GRUP 4 [W]	Potència total [KW]
00:00 - 00:59	1.292.900	4.184.033	1.777.665	733.324	7.987,9
01:00 - 01:59	909.818	2.969.917	1.258.347	520.423	5.658,5
02:00 - 02:59	654.431	2.148.053	918.793	378.490	4.099,8
03:00 - 03:59	462.890	1.494.298	639.160	260.212	2.856,6
04:00 - 04:59	494.813	1.606.370	679.108	283.867	3.064,2
05:00 - 05:59	542.699	1.755.800	759.003	307.523	3.365,0
06:00 - 06:59	1.149.244	3.754.423	1.597.901	638.701	7.140,3
07:00 - 07:59	3.575.426	11.655.522	4.953.492	2.010.726	22.195,2
08:00 - 08:59	6.272.957	20.434.521	8.668.611	3.501.030	38.877,1
09:00 - 09:59	6.703.923	21.872.782	9.267.824	3.737.586	41.582,1
10:00 - 10:59	6.368.727	20.770.738	8.808.428	3.548.341	39.496,2
11:00 - 11:59	6.400.651	20.864.131	8.848.375	3.571.996	39.685,2
12:00 - 12:59	6.352.765	20.733.380	8.788.454	3.548.341	39.422,9
13:00 - 13:59	5.714.297	18.622.685	7.889.635	3.193.507	35.420,1
14:00 - 14:59	4.708.708	15.335.230	6.511.445	2.625.772	29.181,2
15:00 - 15:59	4.836.402	15.764.840	6.691.209	2.696.739	29.989,2
16:00 - 16:59	5.570.641	18.174.395	7.709.871	3.122.540	34.577,4
17:00 - 17:59	6.081.416	19.799.444	8.408.952	3.382.752	37.672,6
18:00 - 18:59	6.081.416	19.799.444	8.408.952	3.382.752	37.672,6
19:00 - 19:59	5.730.258	18.697.400	7.929.582	3.193.507	35.550,7
20:00 - 20:59	4.549.091	14.830.904	6.291.734	2.531.150	28.202,9
21:00 - 21:59	3.272.153	10.665.550	4.534.043	1.821.482	20.293,2
22:00 - 22:59	2.314.450	7.527.525	3.195.801	1.301.058	14.338,8
23:00 - 23:59	1.899.445	6.163.978	2.616.562	1.064.502	11.744,5
TOTAL	91.939.520	299.625.363	127.152.948	51.356.319	570.074

Taula 4.11. Potència total en un dia laborable per un cicle complert.

I un cop es coneix la potència total, utilitzant Ec. 4.10, es multiplica pel temps, es a dir 1800 segons que dura un cicle complert WLTP.

D'aquesta manera es troba que l'energia total per un cicle complert i per un dia laborable és de 1.026,13GJ.

Els resultats dels càlculs anteriors s'han calculat per un dia laborable i donat que el càlcul pel dissabte i diumenge es igual que per un dia laborable (només que s'ha de considerar el

nombre total de turismes per un dissabte i per un diumenge), no s'ha considerat necessari mostrar-ho a la present memòria. Tot i això es poden consultar els càlculs i resultats complets pel dissabte i diumenge en l'annexa F.

Però tot i això sembla difícil de creure que totes les persones de l'AMB que agafen el turisme, realitzin el cicle complet, ja que molts desplaçaments son entre punts centrals de Barcelona, i per tan no s'assoleixen velocitats altes. És per aquest motiu que s'ha considerat necessari realitzar un càlcul paral·lel al anteriorment explicat, però considerant únicament del cicle WLTP, les fases baixa i mitja.

Primerament se sap que el càlcul de la potència unitària de cada grup varia, ja que aquesta depèn del les dimensions i característiques tècniques del turismes, i del cicle WLTP, que en aquest cas es el que estem modificant.

Aleshores, per dur terme aquest càlcul, es te en compte únicament les dades del cicle que pertanyen a les fases mitja i baixa, i evidentment el temps total serà la suma de les dues fases (mitja i baixa). Tenien això en compte, es calcula la potència mitjana parcial de cada grup, que serà la que s'utilitzarà per calcular la potencia totals.

La mostra els valor de les potències del cicle parcial, en un dia laborable:

Temps total [h]	Potència GRUP 1 [W]	Potència GRUP 2 [W]	Potència GRUP 3 [W]	Potència GRUP 4 [W]	Potència total [KW]
00:00 - 00:59	651.877	2.226.320	942.530	391.444	4.212,2
01:00 - 01:59	458.728	1.580.289	667.184	277.799	2.984,0
02:00 - 02:59	329.962	1.142.977	487.150	202.035	2.162,1
03:00 - 03:59	233.388	795.114	338.887	138.899	1.506,3
04:00 - 04:59	249.484	854.748	360.068	151.527	1.615,8
05:00 - 05:59	273.627	934.259	402.429	164.154	1.774,5
06:00 - 06:59	579.446	1.997.724	847.218	340.935	3.765,3
07:00 - 07:59	1.802.720	6.201.890	2.626.376	1.073.313	11.704,3
08:00 - 08:59	3.162.808	10.873.186	4.596.159	1.868.828	20.501,0
09:00 - 09:59	3.380.101	11.638.483	4.913.866	1.995.100	21.927,5
10:00 - 10:59	3.211.096	11.052.087	4.670.290	1.894.082	20.827,6
11:00 - 11:59	3.227.191	11.101.781	4.691.471	1.906.710	20.927,2
12:00 - 12:59	3.203.048	11.032.209	4.659.700	1.894.082	20.789,0
13:00 - 13:59	2.881.133	9.909.110	4.183.140	1.704.674	18.678,1
14:00 - 14:59	2.374.118	8.159.859	3.452.414	1.401.621	15.388,0
15:00 - 15:59	2.438.501	8.388.454	3.547.726	1.439.503	15.814,2
16:00 - 16:59	2.808.703	9.670.576	4.087.828	1.666.792	18.233,9

17:00 - 17:59	3.066.234	10.535.262	4.458.486	1.805.692	19.865,7
18:00 - 18:59	3.066.234	10.535.262	4.458.486	1.805.692	19.865,7
19:00 - 19:59	2.889.181	9.948.866	4.204.320	1.704.674	18.747,0
20:00 - 20:59	2.293.640	7.891.508	3.335.922	1.351.112	14.872,2
21:00 - 21:59	1.649.811	5.675.127	2.403.982	972.296	10.701,2
22:00 - 22:59	1.166.939	4.005.387	1.694.436	694.497	7.561,3
23:00 - 23:59	957.695	3.279.846	1.387.320	568.225	6.193,1
TOTAL	46.355.666	159.430.324	67.417.388	27.413.684	300.617

Taula 4.12. Potència total en un dia laborable per un cycle parcial.

I de la mateixa forma que en el cycle complert, utilitzant Ec. 4.10, es calcula l'energia total multiplicant aquest valor per 1.022 segons (suma dels temps de les fases baixa i mitja de la Taula 4.4).

D'aquesta manera es troba que l'energia total per un cycle parcial i per dia laborable és de 307,2GJ.

Les dades del cycle parcial per dissabte i diumenge es poden consultar a l'annexa F.

4.8. Resultats

Així doncs, en la Taula 4.13 es mostren els resultats de les potències i energies per un dia laborable, un dissabte i un diumenge per un cycle parcial i complert:

	Laborable	Dissabte	Diumenge
Potència total cycle complert [KW]	570.074,1	423.919,3	302.112,9
Potència total cycle parcial [KW]	300.617,1	223.545,2	159.312,6
Energia total cycle complert [GJ]	1.026,13	763,05	543,8
Energia total cycle parcial [GJ]	307,23	228,46	162,82

Taula 4.13. Resum de les potències i energies segons un dia laborable, dissabte o diumenge i per un cycle parcial i complert

Tal i com podem veure a la Taula 4.13, les potències del cicle complert són pràcticament el doble que les potències del cicle parcial. I és que en el cicle parcial només es fan 7.85km pels 23.26km del cicle complert, i tot i realitzar un tres del trajecte, la potència es pràcticament la mitat. Aquest fet es dona ja que en cicles de conducció de velocitats lentes i sobretot amb moltes parades (204 segons amb les fases mitja i baixa i 242 segons en totes les fases), els consum d'energia són més elevats que en carretera oberta, per tan no és estrany que tot i fer un terç del trajecte complert, el consum sigui pràcticament de la mitat.

Pel que fa els dies de la setmana, els dies laborables són els que requereixen major potència i energia, ja que són els dies amb major nombre de desplaçaments de turismes. El segueix el dissabte i per últim amb menys potència i energia, el diumenge amb 302.112,9 KW i 15.312,6GJ, respectivament, disminuint respecte els dies laborables, un 52,9% la potència i l'energia.

Finalment, per tenir una comparativa de la quantitat d'energia que es necessita per abastir al parc de turismes de l'AMB, es compara amb l'energia que és capaç d'obtenir la central nuclear d'ascó durant 1 any, que és de 14.569 GWh (dada del 2014) [7], que fent els factor de conversió adients, s'obté 5.24484×10^{16} J/any. Donat que les dades d'energia obtingudes són en GJ/dia, s'hauran de passar a les mateixes unitats per tal de poder-les comparar. Operant amb la dada d'energia de la central nuclear, s'obté que produeix una energia diària de 143.494,24 GJ/dia.

Considerant el cas més desfavorable, és a dir que sempre es consumís l'energia total del cicle complert d'un dia laborable i tota l'energia necessària proveís d'aquesta central, necessitaria el 1.4% de la seva energia total per abastir a tota el parc de turismes de l'AMB.

Es a dir, que si tots els vehicles fossin elèctrics, cada dia es necessita l'1,4% de l'energia generada a la central nuclear d'ascó.

Conclusions

En primer lloc i arran de totes les consideracions i simplificacions realitzades durant el procés de càlcul, podem concloure que es tracte d'un càlcul complicat amb moltes variables en joc, i és pràcticament impossible tenir-les totes en compte. Per tan els resultats obtinguts no són exactes, sinó aproximats. Tot i això els valors de potència i energia totals són qüernes i les potències unitàries per un cicle de conducció quotidià volten entre els 7-10KW (depenent de cada vehicle), valors els quals estan dins els rangs acceptables per un turisme.

En segon lloc, tan la potència com l'energia (varien proporcionalment en funció del temps) dels dies laborables és notablement més elevada que les dels cap de setmana, un 34.4% respecte el dissabte i un 88.7% respecte el diumenge, del que podem assegurar que el diumenge és el dia de la setmana amb menys despesa energètica, seguit del dissabte i dels dies laborables, ja que en aquests últims hi ha una intensitat horària de turismes (en hores diürnes) més elevada.

Així doncs s'han pogut assolir les prescripcions establertes en els objectius del projecte, realitzant així una base de dades de turismes i un posterior càlcul de potència i energia de l'AMB. Com s'ha analitzat, els resultats obtinguts són qüernes i lògics, per lo que es donen per correctes. A més a més aquest projecte pot ser base de futures ampliacions i/o modificacions per ajustar de forma més precisa els resultats finals o be per càlculs de transports derivats en aquest regió.

Agraïments

Aquest projecte no hagués estat possible sense una pila de gent que m'ha ajudat i m'ha recolzat en tots els sentits, tant a la universitat com a casa. A tots ells vull dedicar-los aquest treball i, sobretot, agrair tot el que han fet per mi.

En primer lloc en Jesus Andres Alvarez i la Tània Santos. Gràcies per haver cregut en mi des del primer dia i per haver-me donat la confiança necessària per tirar endavant el projecte. Sempre m'heu rebut amb un somriure i heu fet el que estava a les vostres mans i més per trobar un forat a l'agenda i ajudar-me.

Finalment agrir també a tots els amics, familiars i personers properes que m'han animat al llarg de tot el procés i han cregut sempre amb mi. Gràcies pel vostre suport.

Bibliografia

Referències bibliogràfiques

- [1] MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA. *Reglamento General de Vehículos*. Boletín Oficial del Estado núm. 22, de 26 de enero de 1999. Última modificación: 22 de mayo de 2014. Referencia BOE-A-1999-1826.
- [2] PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO. *Marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos*. Directiva Marco 2007/46/CE, de 5 de septiembre de 2007.
- [3] MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO. *Manual de procedimiento de inspección de las estaciones ITV*. Revisión 7ª, de enero de 2012.
- [4] [<http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/parque-vehiculos/tablas-estadisticas/>, 24 de Maig de 2017]
- [5] [<https://revistamotor.eu/index.php/de-calle/mecanica/3331-emisiones-contaminantes-en-motores-diesel-y-gasolina>, 04 de Juny de 2017]
- [6] [https://www.ultimatespecs.com/es/advanced_search, 07 de juny de 2017]
- [7] [https://es.wikipedia.org/wiki/Central_nuclear_de_Asc%C3%B3, 25 de Març de 2017]